

特開平 9 - 3 0 7 3 8 0

(43) 公開日 平成 9 年 (1997) 11 月 28 日

(51) Int. Cl. <sup>e</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 3 G	3/20		H 0 3 G	3/20
				A
				C
H 0 4 B	1/10		H 0 4 B	1/10
	1/16			1/16
	1/26			1/26
				Z
				R
				H
審査請求	未請求	請求項の数 8	O L	(全 1 3 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-117670

(22) 出願日 平成 8 年 (1996) 5 月 13 日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 小倉 みゆき

東京都日野市旭が丘3丁目1番地の1

会社東芝日野工場内

株式

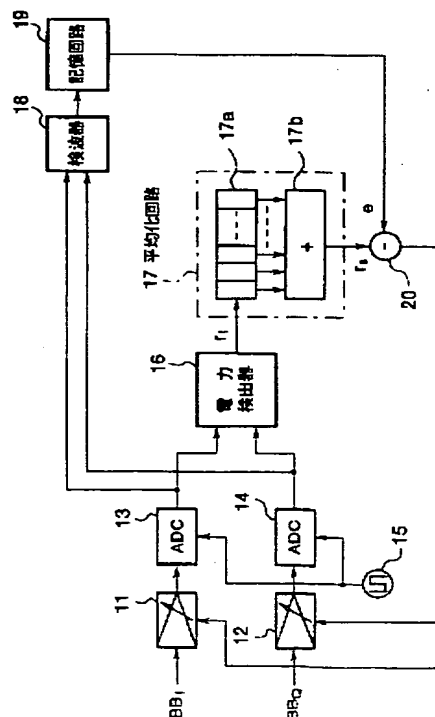
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 AGC機能を備えた無線通信装置

(57) 【要約】

【課題】 変調に起因する振幅変動成分には応答せず、かつ高速フェージングによる振幅変動には十分高速に追従するようにして良好な受信特性を保持する。

【解決手段】 ベースバンドの受信信号をADC 13、14で1シンボル当り複数回サンプリングしてデジタル信号に変換し、電力検出器16でこのデジタル受信信号から各サンプルごとの瞬時電力値を検出したのち、この瞬時電力値を1シンボル分平均化回路17で加算してシンボル間平均電力 $r_s$ を算出する。また検波器18で上記デジタル受信信号を検波して1シンボルごとの伝送情報を再生し、この伝送情報に対応する補正電力値 $e$ を記憶回路19から読出して、上記シンボル間平均電力 $r_s$ からこの補正電力値 $e$ を引き算し、その差分信号を可変利得増幅器11、12にフィードバックして利得制御するようにしたものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 高周波もしくは中間周波帯の受信信号をベースバンド帯に周波数変換した後、このベースバンド帯の受信信号から受信電界強度を表わす情報を検出し、この検出情報を基に上記受信信号の信号レベルを可変制御するAGC機能を備えた無線通信装置において、前記ベースバンド帯の受信信号をその各シンボルごとに複数回サンプリングしてディジタル受信信号を出力するためのアナログ／ディジタル変換手段と、このアナログ／ディジタル変換手段から出力されたディジタル受信信号からその各サンプルごとの瞬時電力値を検出するための瞬時電力検出手段と、この瞬時電力検出手段により検出された瞬時電力値をシンボル単位で平均してシンボル間平均電力情報を得るためのシンボル間平均電力算出手段と、前記ディジタル受信信号を検波して伝送情報系列を再生するための伝送情報再生手段と、この伝送情報再生手段により再生された伝送情報系列の符号パターンに応じて自動的に定まる所定の補正情報を出力するための補正情報発生手段と、前記シンボル間平均電力算出手段により得られたシンボル間平均電力情報を前記補正電力発生手段から出力された補正情報を基に補正して、複数のシンボル期間に亘る平均電力情報を推定するための平均電力推定手段と、この平均電力推定手段により得られた推定平均電力情報を基に、前記高周波もしくは中間周波帯の受信信号および前記ベースバンド帯の受信信号のうちの少なくとも一方の信号レベルを可変制御するレベル可変制御手段とを具備したことを特徴とするAGC機能を備えた無線通信装置。

【請求項2】 補正情報発生手段は、伝送情報系列の複数の符号パターンに各々対応する複数の補正情報を予め記憶した記憶手段を有し、伝送情報再生手段により再生された伝送情報系列の符号パターンに対応する補正情報を前記記憶手段から読み出すものであることを特徴とする請求項1記載のAGC機能を備えた無線通信装置。

【請求項3】 シンボル間平均電力算出手段は、瞬時電力検出手段により検出された瞬時電力を単位シンボルごとに順次累積加算することによりシンボル間平均電力を求めることを特徴とする請求項1記載のAGC機能を備えた無線通信装置。

【請求項4】 レベル可変制御手段は、平均電力推定手段により得られた推定平均電力情報に含まれる推定誤差成分を除去するループフィルタを備え、このループフィルタを通した後の推定平均電力情報を基に受信信号レベルを可変制御することを特徴とする請求項1記載のAGC機能を備えた無線通信装置。

【請求項5】 ループフィルタは、通過帯域特性を可変する手段を有し、受信信号の受信品質を表わす情報に応じて通過帯域特性を適応的に可変設定することを特徴と

する請求項4記載のAGC機能を備えた無線通信装置。

【請求項6】 受信信号の受信品質を検出する受信品質検出手段と、

この受信品質検出手段により受信品質が所定のレベル以上であることが検出されているときには前記平均電力推定手段で得られた推定平均電力情報を選択出力し、一方受信品質が前記所定のレベル未満に低下したことが検出されたときには前記推定平均電力情報の代わりに前記瞬時電力検出手段で検出された瞬時電力値を選択出力する選択手段とを備え、

前記レベル可変手段は、この選択手段により選択出力された前記推定平均電力情報および瞬時電力値を基に、受信信号のレベルを可変制御することを特徴とする請求項1記載のAGC機能を備えた無線通信装置。

【請求項7】 レベル可変手段は、通過帯域特性を可変する機能を有するループフィルタと、選択手段により推定平均電力情報が選択出力されているときにはループフィルタの通過帯域幅を所定幅よりも広く設定し、一方選択手段により瞬時電力値が出力されているときにはループフィルタの通過帯域幅を前記所定幅よりも狭く設定する手段とを備えたことを特徴とする請求項6記載のAGC機能を備えた無線通信装置。

【請求項8】 補正情報発生手段は、伝送情報再生手段により再生された各シンボルの伝送情報を複数シンボル分保持する伝送情報保持手段を備え、現シンボルの伝送情報と、前記伝送情報保持手段に保持されている過去のシンボルの伝送情報とに基づいて、最適な補正情報を発生することを特徴とする請求項1記載のAGC機能を備えた無線通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はディジタル移動通信システムに用いる無線通信装置に係わり、特に受信信号レベルを可変制御するための自動利得制御（以後AGC；Automatic gain controlと称する）機能を備えた装置に関する。

【0002】

【従来の技術】移動通信システムで使用する無線通信装置では、フェージングなどの影響により無線信号の受信電界強度が数10dBの範囲で変動する。このため、この種の装置の受信系には、受信電界強度によらず良好な受信感度を維持するために、AGC回路が必要である。

【0003】図10は従来より使用されているAGC回路の構成の一例を示したものである。同図において、例えば図示しない無線回路から出力された中間周波帯の受信信号は、可変利得増幅器41で電圧レベルが調整されたのち二分岐されて直交検波用の乗算器42、43に入力される。これらの乗算器42、43では、それぞれ上記入力された中間周波帯の受信信号IF、IFQと、局発振器44および $\pi/2$ 相移器45により生成され

10

20

30

40

50

た位相が互いに $\pi/2$ 異なる局部発振信号との乗算が行なわれ、これによりベースバンドの受信信号が得られる。これらのベースバンドの受信信号は、それぞれ低域通過フィルタ46、47で不要波成分が除去されたのち可変利得増幅器48、49に入力され、ここで電圧レベルが制御されたのち電力検出回路50に入力される。電力検出回路50は、上記入力されたベースバンドの受信信号BB1、BBQの受信電力を検出し、その検出値に応じて利得制御信号GCを生成して上記各可変利得増幅器41、48、49の利得を可変制御する。

【0004】すなわち、このAGC回路では、受信信号の電力検出がベースバンド帯で行なわれ、その検出結果を中間周波数帯およびベースバンド帯にそれぞれ設けられた可変利得増幅器41、48、49にフィードバックすることにより受信信号の利得制御が行なわれる。このような構成では、ベースバンド帯で電力検出が行なわれるので、電力検出をデジタル信号処理により容易に行なうことができ、これにより回路構成の小形化および低消費電力化が可能である。

【0005】図11は上記電力検出回路50の構成の一例を示したものである。同図において、ベースバンドの受信信号BB1、BBQは、アナログ／デジタル変換器(ADC)51、52により1シンボル当たり複数回サンプリングされてデジタル信号となり電力検出器53に入力される。電力検出器53は、デジタル化されたベースバンド受信信号BB1、BBQを用いて $BB1^2 + BBQ^2$ 演算を行なうことにより瞬時の信号電力を得る。この検出された信号電力 $BB1^2 + BBQ^2$ は差分回路54に入力され、ここで基準値 $r_0$ との差が検出される。そして、この検出された差分値は平均化回路55で平均化され、これにより利得制御信号GCとなって前記可変利得制御増幅器48、49に供給される。ここで、基準値 $r_0$ はAGC回路の目標値に設定される。このため、検出された差分値はそのまま利得制御相当値となる。

【0006】ところで、一般に上記利得制御相当値には、フェージング等により引き起こされる、伝送速度に比べ低速に変化するレベル変動に加え、信号自身の持つ振幅変動成分が含まれる。このうち後者の振幅変動は信号の変調に起因するものであり、その変動速度は伝送速度程度である。

【0007】例えば、PHSシステムで用いられる $\pi/4$ シフトQPSK( $\pi/4$  Shifted encoded quadrature phase shift keying)方式では、この変調に起因するダイナミックレンジは電力換算して14dB程度あることが知られている。図12にAGCのかかった $\pi/4$ シフトQPSK信号のリサージュを示す。AGC回路が変調に起因する振幅変動成分にตอบสนองしない場合には、図12(a)に示すように信号点(1)から信号点(2)に信号点が遷移するときの信号軌跡は波形歪みの少ないものと

なる。これに対しAGC回路が変調に起因する振幅変動成分にตอบสนองする場合には、図12(b)に示すように信号軌跡に波形歪が生じる。

【0008】すなわち、図10に示したAGC回路において良好な受信特性を得るために必要なことは、AGCの応答がフェージング等によるレベル変動にはตอบสนองするが、信号自身が持つ振幅変動成分にはตอบสนองしないようにすることである。

【0009】そこで従来のAGC回路では、図10に示したように電力検出回路50に平均化回路55が備えられている。この平均化回路55は、検出した信号電力値と目標値 $r_0$ との差分値を一定時間ごとに平均化するもので、これにより変調成分の抑圧効果を得ている。平均化回路55は、例えば累積加算処理部や低域通過フィルタ部とで構成される。変調成分抑圧のためには、累積加算の加算時間はできるだけ長くし、低域通過フィルタの帯域幅は小さくすることが望ましい。しかし、このように設定すると、AGCの応答速度が遅くなるという別の問題が発生してしまう。このAGC応答速度の遅れは、高速フェージングに対し追従できなくなり移動通信にあっては非常に好ましくない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】この様に従来のAGC回路では、受信信号に含まれる変調に起因する振幅変動成分にAGCがตอบสนองしないように構成すると、AGCの応答速度が遅くなって高速フェージングなどに起因する振幅変動を抑圧し切れなくなり、反対に高速フェージングなどに起因する振幅変動を十分に抑圧しようとすると、変調に起因する振幅変動成分にAGCがตอบสนองして利得制御誤差が増加するという問題点がある。

【0011】この発明は上記事情に着目してなされたもので、その目的とするところは、変調に起因する振幅変動成分にはตอบสนองせず、高速フェージングなどに起因する振幅変動には十分高速に追従するようにし、これにより良好な受信特性を得ることができるAGC機能を備えた無線通信装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためにこの発明は、次のような手段を講じたものである。すなわち、受信信号に含まれるレベル変動には、フェージング等により引き起こされる第1のレベル変動成分と、変調により信号自身の持つ伝送速度程度で変動する第2のレベル変動成分とがあり、このうち後者の第2のレベル変動成分は伝送情報の符号パターンに応じて固定的に定まる。

【0013】この発明はこの点に着目し、ベースバンド帯の受信信号をその各シンボルごとに複数回サンプリングしてデジタル受信信号とし、このデジタル受信信号からその各サンプルごとの瞬時電力値を検出してこれらの瞬時電力検出値をシンボル単位で平均してシンボル

間平均電力情報を求めるとともに、上記デジタル受信信号を検波して伝送情報系列を再生し、この再生された伝送情報系列の符号パターンに応じて固定的に定まる所定の補正情報を発生する。そして、この補正情報を基に上記シンボル間平均電力情報を補正して複数のシンボル期間に亘る平均電力情報を推定し、この推定平均電力情報を基に高周波もしくは中間周波帯の受信信号およびベースバンド帯の受信信号のうちの少なくとも一方の信号レベルを可変制御するようにしたものである。

【0014】この結果本発明によれば、シンボル間平均電力情報に含まれる上記第2のレベル変動成分は、上記補正情報によって相殺されることになる。したがって、上記第2のレベル変動成分は含まず、フェージング等により引き起こされる第1のレベル変動成分には追従する平均電力を得ることが可能となる。このため、この平均電力情報を基に受信信号レベルの可変制御を行えば、変調によるレベル変動成分には応答せずに、高速フェージングに対しては十分に追従してそのレベル変動を抑圧できるAGCを実現できる。

【0015】またこの発明は、上記補正情報の発生のために、伝送情報系列の複数の符号パターンに各々対応する複数の補正情報を予め記憶した記憶手段を設け、検波再生された伝送情報系列の符号パターンに対応する補正情報を上記記憶手段から読み出すことを特徴としている。

【0016】このように構成することで、演算処理を行なうことなく、記憶手段をアクセスするだけの極めて簡単な手法により、補正情報を発生することができる。さらにこの発明は、シンボル間平均電力算出手段において、瞬時電力検出手段で検出された瞬時電力を単位シンボルごとに順次累積加算することによりシンボル間平均電力を求めることも特徴としている。

【0017】このように構成することで、瞬時電力検出手段から瞬時電力値が出力されるごとにこの瞬時電力値は順次累積加算されるので、単位シンボル分の複数の瞬時電力値を記憶保持したのち加算合成する場合に比べて、回路規模を小形化することが可能である。

【0018】さらにこの発明は、レベル可変制御手段に、平均電力推定手段により得られた推定平均電力情報に含まれる推定誤差成分を除去するループフィルタを備え、このループフィルタを通した後の推定平均電力情報を基に受信信号レベルを可変制御することを特徴としている。

【0019】このようにすることで、フェージングなどによる受信電界強度の劣化の影響や受信機内の歪みの影響により平均電力情報の推定誤差が増加した場合でも、この推定誤差に相当する雑音成分をループフィルタにより抑圧することができ、これにより利得制御誤差を少なく抑えて精度の良いAGCを提供することができる。

【0020】またこの場合、ループフィルタに通過帯域特性の可変機能を持たせ、受信信号のS/Nに応じてこの通過帯域特性を適応的に可変設定するとよい。このようにすると、受信信号の品質が良好なときにはループフィルタの通過帯域を広くしてAGCのループ遅延を極力低減し、一方受信信号の品質が劣化したときにはループフィルタの通過帯域を適切な幅に狭く設定してこれにより雑音抑圧効果を高めるようにすることができる。

【0021】さらにこの発明は、符号間干渉や受信機の歪みなどにより生じる受信品質の低下を検出する受信品質検出手段と、この受信品質検出手段の検出結果に応じて選択動作を行なう選択手段とを新たに備え、この選択手段において、受信品質検出手段で受信品質が所定のレベル以上であることが検出されているときには平均電力推定手段で得られた推定平均電力情報を選択出力し、一方受信品質が上記所定のレベル未満に低下したことが検出されたときには上記推定平均電力情報の代わりに瞬時電力検出手段で検出された瞬時電力値を選択出力するようにし、この選択手段により選択出力された推定平均電力情報および瞬時電力値を基に受信信号のレベルを可変制御することを特徴としている。

【0022】このように構成することで、受信品質が比較的良好な状態では、推定平均電力情報が選択されてこの情報を基にAGCが行なわれるので、変調による振幅変動成分を除去して高精度のAGCを行なうことができる。一方、マルチパスフェージングなどの影響により符号間干渉が発生したり、また受信機の歪みの影響を強く受けることで受信品質が著しく劣化した状態では、瞬時電力値が選択されてこの瞬時電力値を基にAGCが行なわれるので、符号間干渉による平均電力の推定誤りによってAGCが誤動作しないようにすることができる。

【0023】またその際、レベル可変手段に、通過帯域特性を可変する機能を有するループフィルタを設け、選択手段により推定平均電力情報が選択出力されているときにはループフィルタの通過帯域幅を所定幅よりも広く設定し、一方選択手段により瞬時電力値が出力されているときにはループフィルタの通過帯域幅を上記所定幅よりも狭く設定するとよい。

【0024】このようにすると、符号間干渉等が発生している場合のように受信品質が著しく劣化している状態では、このとき選択されている瞬時電力値に含まれる変調による振幅変動成分がループフィルタで抑圧されるので、符号間干渉等が発生しているような状況下でも比較的安定なAGCを行なうことが可能となる。

【0025】さらにこの発明は、補正情報発生手段に、伝送情報再生手段により再生された各シンボルの伝送情報を複数シンボル分保持する伝送情報保持手段を備え、現シンボルの伝送情報と、上記伝送情報保持手段に保持されている過去のシンボルの伝送情報とに基づいて、最適な補正情報を発生することを特徴としている。

【0026】このように構成することで、補正情報は、現シンボルにおける伝送情報だけでなく、過去のシンボルにおける伝送情報をも考慮されて選択される。ここで、平均電力値に対する振幅変動成分は、厳密には現シンボルの伝送情報が同一の場合であっても、過去の数シンボルに伝送された情報が異なれば異なる値をとる。したがって、上記したように現シンボルの伝送情報に加え過去のシンボルの伝送情報も考慮して補正値を選択すれば、常に推定誤差の少ない高精度の平均電力推定を行なうことができ、これによりさらに正確なAGCを行なうことが可能となる。

【0027】

【発明の実施の形態】

（第1の実施形態）図1は、この発明の第1の実施形態に係わるAGC機能付き無線通信装置の要部構成を示す回路ブロック図である。

【0028】図示しない直交検波回路から低域通過フィルタを介して出力されたベースバンドの受信信号BBI、BBQは、それぞれ可変利得増幅器11、12でレベル制御されたのちアナログ／デジタル変換器（ADC）13、14に入力される。これらのADC13、14では、上記ベースバンドの受信信号BBI、BBQを、クロック発生器15から発生されたサンプリングクロックに同期して1シンボル当たり複数回サンプリングするための処理が行なわれる。そして、これにより得られたデジタル受信信号は、二分岐されたのち一方が電力検出器16に、他方が検波器18にそれぞれ入力される。

【0029】電力検出器16は、デジタル受信信号の各サンプルごとに $BBI^2 + BBQ^2$ 演算をそれぞれ行ない、これにより瞬時電力 $r_i$ を算出する。この算出された各サンプルごとの瞬時電力 $r_i$ は平均化回路17に入力される。平均化回路17は、シフトレジスタ17aと加算器17bとから構成される。そして、上記電力検出器16から出力された瞬時電力 $r_i$ をシフトレジスタ17aに順次シフト入力し、1シンボル分が入力されるごとにこれら1シンボル分の瞬時電力 $r_i$ を加算器17bで加算してその加算結果をシンボル間平均電力 $r_s$ として出力する。すなわち、平均化回路17では、

$$r_s = \sum_i (i=1, 2, \dots, m) r_i$$

なる演算が行なわれる。ただし、mは1シンボル当たりのサンプル数である。

【0030】なお、図1には示していないが、平均化回路17の出力段にサンプリング回路を設け、タイミング再生されたシンボルレートクロックにより加算器17bの加算出力をサンプリングすることにより一定時間保持するようにしてもよい。

【0031】一方検波器18は、同期検波器または遅延検波器からなり、上記デジタル受信信号を1シンボルごとに検波してその伝送情報系列を再生する。そして、

この再生した伝送情報系列を記憶回路19に読出しアドレスとして供給する。記憶回路19には、伝送情報系列のすべての符号パターンに各々対応付けて、この符号パターンに対応する補正電力情報eが予め格納してある。補正電力情報eは、各符号パターンのときのシンボル平均電力値と所定の平均電力値との相対値であり、この相対値は変調方式、送受フィルタの特性、および伝送符号パターンにより定まる固有の値である。記憶回路19は、上記検波器18から供給された符号パターンに対応する補正電力情報eを読み出し、差分回路20に入力する。

【0032】差分回路20は、上記平均化回路17から出力されたシンボル間平均電力 $r_i$ と上記記憶回路19から読み出された補正電力情報eとの差分を検出し、その差分値 $(r_s - e)$ を受信信号の推定平均電力値として出力する。この推定平均電力値 $(r_s - e)$ は各可変利得増幅器11、12の利得制御端子に供給される。可変利得増幅器11、12は、利得制御端子に供給された上記推定平均電力値 $(r_s - e)$ と予め与えられている基準値との差を求め、この差が減少する方向に利得値を制御する。

【0033】このような構成であるから、無線信号の受信が開始されると、この無線信号は図示しない無線回路および直交検波器で受信されかつ周波数変換されてベースバンドの受信信号BBI、BBQとなり、ADC13、14に入力される。そして、このベースバンドの受信信号BBI、BBQは、ADC13、14で各シンボルごとに複数回サンプリングされてデジタル信号に変換されたのち、電力検出器16に入力される。電力検出器16では、上記デジタル受信信号を各サンプルごとに $BBI^2 + BBQ^2$ 演算することにより瞬時電力 $r_i$ が検出され、これらの瞬時電力 $r_i$ は平均化回路17で1シンボル分ずつ加算されてシンボル間平均電力値 $r_s$ となって差分回路20に入力される。

【0034】また、このシンボル間平均電力 $r_s$ の検出動作と並行して、検波器18では上記デジタル受信信号がシンボルごとに検波されて伝送情報が再生される。そして、この再生された伝送情報の符号パターンに対応した補正電力値eが記憶回路19から読み出され、上記差分回路20に供給される。このため、差分回路20では、上記シンボル間平均電力値 $r_s$ から上記補正電力値eが差し引かれ、これにより受信信号の平均電力値が推定される。

【0035】このとき、上記補正電力値eは受信信号自身に含まれる振幅変動成分を打ち消すために各伝送符号パターンごとに予め用意されたものである。したがって、この補正電力値eをシンボル平均電力値 $r_s$ から差し引くことで、シンボル平均電力値 $r_s$ から上記受信信号自身に含まれる振幅変動成分が消去され、これによりフェージング等の外的要因による振幅変動成分のみを台

み、変動に起因する信号自身の振幅変動成分を含まない受信平均電力値が得られる。すなわち、複数のシンボル期間に亘って平均をとることで得られる受信平均電力値と等価な平均電力値が、各シンボル期間ごとに得られる。

【0036】そして、この差分回路20で得られた受信平均電力値( $r_s - e$ )は、可変利得増幅器11、12に供給される。可変利得増幅器11、12では、この受信平均電力値( $r_s - e$ )と予め設定してある基準値との差分値が求められ、この差分値が小さくなる方向に利得の可変制御が行なわれる。

【0037】図2は以上述べた平均電力検出動作の具体例を説明するためのもので、1シンボル期間 $T_s$ に1ビットの符号が伝送され、かつADC13、14では各シンボルごとに $m=4$ 回のサンプリングが行なわれる場合を示している。

【0038】電力検出器16では、ADC13、14によりサンプリングされた各デジタル受信信号の瞬時電力値 $r_i$ が図2(a)に示すように検出される。そして、これらの瞬時電力値 $r_i$ は各シンボル期間 $T_s$ ごとに平均化回路17で相互に加算されて図2(b)に示すようなシンボル間平均電力値 $r_s$ となる。例えば、シンボル間平均電力値 $r_i$ は、時刻 $t_1$ から時刻 $t_2$ までのシンボル期間に検出された4サンプル分の瞬時電力値の総和として求められる。同様に、ビット2からビット5までの各シンボル期間においても、4サンプル分の瞬時電力値の総和としてシンボル間平均電力値が求められる。

【0039】ところで、ビット1からビット5までのシンボル間平均電力値の平均値を $P$ とし、この平均値 $P$ に対する各シンボル間平均電力値の相対値を求めると、図2(c)のようになる。例えば、シンボル1におけるシンボル間平均電力値 $r_1$ と平均値 $P$ との相対値は、 $e_1$ となる。図2(c)に示したように、個々のシンボル間平均電力は十分長い時間で平均化された電力、つまり受信信号の平均電力に対してばらつく性質がある。そして、このシンボル間平均電力と平均電力との相対値は、伝送情報の符号パターンによる固有値となる。

【0040】本実施形態の回路では、この固有値が補正電力値 $e$ として伝送情報の符号パターンに対応付けて記憶回路19に予め記憶されている。そして、検波器18で検波再生された伝送符号パターンに対応する補正電力値 $e$ が上記記憶回路19から読み出され、差分回路20においてシンボル間平均電力値 $r_i$ から引き算される。この引き算により、上記シンボル間平均電力のばらつきがキャンセルされ、これにより十分長い時間で平均化された平均電力と等価な推定平均電力が得られる。したがって、この推定平均電力を用いてAGCを行えば、上記シンボル間平均電力のばらつき、つまり変動により伝送速度程度で変動する振幅レベルの変動成分に答

ず、これにより利得制御誤差の少ないAGCを行ない得る。

【0041】以上のようにこの実施形態では、ベースバンドの受信信号をADC13、14で1シンボル当り複数回サンプリングしてデジタル信号に変換し、電力検出器16でこのデジタル受信信号から各サンプリングタイミングごとの瞬時電力値を検出してこれを平均化回路17で1シンボルごとに加算することによりシンボル間平均電力 $r_s$ を算出し、かつ検波器18で上記デジタル受信信号を検波して1シンボルごとの伝送符号パターンを再生し、この伝送符号パターンに対応する補正電力値 $e$ を記憶回路19から読出す。そして、上記シンボル間平均電力 $r_s$ から上記補正電力値 $e$ を差し引き、その差分信号を可変利得増幅器11、12にフィードバックして利得制御を行なうようにしている。

【0042】このため、本実施形態によれば、シンボル間平均電力値 $r_s$ から信号自身の振幅変動成分を表わす補正電力値 $e$ を差し引くことにより、1シンボル周期という短い周期でありながら、複数のシンボル期間に亘って平均をとる場合のように十分に長い期間で平均化することにより得られる受信平均電力値と等価な平均電力値が得られる。したがって、この平均電力値を可変利得増幅器11、12にフィードバックしてその利得制御を行なうことにより、変動に起因する振幅変動成分には応答せず、かつ高速フェージングなどに起因する振幅変動に対しては十分に応答したAGCを実現することができる。このため、AGC後の受信信号のC/Nは高められかつ高速フェージングの影響は低減されて、これにより良好な受信特性を保持することができる。

【0043】(第2の実施形態) 図3は、この発明の第2の実施形態に係わるAGC機能付き無線通信装置の要部構成を示す回路ブロック図である。なお、同図において前記図1と同一部分には同一符号を付して詳しい説明は省略する。

【0044】この第2の実施形態では、平均化回路22として累積加算形式の回路を使用している。図4はその構成の一例を示すもので、加算器22aと記憶回路22bとから構成される。加算器22aは、電力検出器16から瞬時電力値が出力されるごとに、この新たに出力された瞬時電力値を記憶回路22bに記憶されている1サンプルタイミング前までの累積加算値に加算する。

【0045】記憶回路22bは、例えばフリップフロップまたはラッチ回路により構成され、1シンボル周期でリセット信号が入力されるごとに動作を開始し、以後クロック発生器15から発生されるサンプリングクロックに同期して、加算器22aから新たな累積加算値が出力されるごとにそれまで記憶していた古い累積加算値をこの新たな累積加算値に更新し、この新たな累積加算値を次サンプルタイミングにおける累積加算のために上記加算器22aに供給する。そして、次のリセット信号が入

力されるまで上記動作を繰り返し、リセット信号が入力される直前の累積加算値をシンボル間平均電力値  $r_s$  として差分回路20へ出力する。

【0046】またこの実施形態では、上記差分回路20から出力されたシンボル間平均電力  $r_s$  と補正電力値  $e$  との差分値、つまり推定平均電力値を差分回路21に入力し、この差分回路21で上記差分値と目標値としての基準値  $r_0$  との誤差を求める。そして、その誤差信号を可変利得増幅器11'、12'にフィードバックして、その利得を可変制御している。

【0047】このような構成であれば、累積加算方式であるため前記第1の実施形態の平均化回路17に比べて平均化回路22の回路構成を小規模なものにすることができる。また、差分回路20から出力された推定平均電力値と基準値  $r_0$  との誤差を差分回路21で求めてその誤差信号を可変利得増幅器11'、12'にフィードバックしているため、可変利得増幅器11'、12'において推定平均電力値と基準値との差分演算を行なう必要がなくなり、これにより汎用の可変利得増幅器を使用することが可能となる。

【0048】(第3の実施形態)無線信号がマルチパスなどにより外部からの干渉を強く受ける場合や、受信機内の歪みの影響が大きい場合、さらには無線信号の受信電界強度が小さく受信機内の熱雑音の影響を強く受ける場合では、推定平均電力の推定誤りが大きくなると予測される。このような場合には、推定平均電力の推定誤りを抑圧する必要がある。

【0049】そこで第3の実施形態では、以下のようにして推定誤りによる雑音成分を抑圧するようにしている。図5は、この第3の実施形態に係わるAGC機能付き無線通信装置の要部構成を示す回路ブロック図である。なお、同図において前記図3と同一部分には同一符号を付して詳しい説明は省略する。

【0050】図5において、差分回路20から出力された推定平均電力値は、差分回路21で基準値  $r_0$  との誤差が求められたのち、その誤差信号はループフィルタ23を介して可変利得増幅器11'、12'にフィードバックされるようになっていく。このため、上記したような種々の原因によって推定平均電力に推定誤りが発生しても、この推定誤りによる雑音成分は可変利得増幅器11'、12'にフィードバックされる際により上記ループフィルタ23で抑圧される。このため、上記推定誤りによる利得制御誤差は低減され、これにより良好な受信品質を保つことができる。

【0051】なお、十分な雑音抑圧効果を得るにはループフィルタ23の帯域を十分に狭くすることが一般的であり、そうするとAGCの応答速度が遅くなる。しかし、この発明の各実施形態では、予め各サンプリングごとの瞬時電力  $r_i$  を1シンボル分加算してシンボル間平均電力  $r_s$  を求め、さらにこのシンボル間平均電力  $r_s$

から補正電力情報  $e$  を差し引くことによりAGCのための制御信号を得ているので、すでにこれらの過程で変調成分の抑圧効果が十分期待できる。このため、ループフィルタの帯域が広くても十分な雑音抑圧効果を得ることができ、これによりAGCループにあって高速度の応答性を確保することができる。

【0052】(第4の実施形態)無線信号がマルチパスフェージングによる符号間干渉の影響を受けるような場合や、受信機内の歪みの影響を強く受ける場合には、平均電力の推定精度が大きく劣化すると予測される。この場合には、第3の実施形態で述べたようなループフィルタ23による雑音抑圧だけでは、十分な利得制御精度を得ることが困難である。

【0053】そこで、第4の実施形態では次のような対策を講じている。すなわち、先に述べたように無線信号がマルチパスフェージングによる符号間干渉の影響を受けるような場合や、受信機内の歪みの影響を強く受ける場合には、一般に検波特性が劣化する。このため、検波器18の出力信号を監視することにより検波特性の劣化を検出し、所定量以上の符号誤りが検出されたならば、差分回路20により得られる推定平均電力 ( $r_s - e$ ) に代わって電力検出器16により検出された瞬時電力  $r_i$  を選択し、この瞬時電力  $r_i$  と基準値  $r_0$  との誤差信号を可変利得増幅器11'、12'にフィードバックすればよい。

【0054】図6はこの第4の実施形態に係わるAGC機能付き無線通信装置の要部構成を示す回路ブロック図である。なお、同図において前記図5と同一部分には同一符号を付して詳しい説明は省略する。

【0055】図6において、検波器18の検波出力は記憶回路19にアドレス入力されるとともに、干渉検出器24にも入力される。この干渉検出器24は、既知信号系列中の符号誤りを検出し、符号誤りが検出された場合にその既知信号を不検出とする。そして、所定の通信期間中に既知信号の不検出が複数回生じた場合に、干渉が発生したと判定して切替信号を選択回路25へ出力する。

【0056】選択回路25は差分回路20、21間に介挿されている。選択回路25は、上記干渉検出器24から切替信号が出力されていないときには差分回路20から出力された推定平均電力値を選択出力し、一方切替信号が出力されたときには上記推定平均電力値に代わって電力検出器16から出力された瞬時電力値  $r_i$  を選択出力する。

【0057】このような構成であるから、無線伝送路の品質が比較的良好で干渉が発生していない状態では、干渉検出回路24からは切替信号が出力されない。したがってこの状態では、選択回路25において差分回路20から出力された推定平均電力値が選択される。このため、上記推定平均電力値と基準値  $r_0$  との誤差信号が、

ループフィルタ23を介して可変利得増幅器11', 12'にフィードバックされ、これにより利得制御が行なわれる。したがって、前記各実施形態で述べたように、変調による振幅変動成分がキャンセルされた推定平均電力値に応じてAGCが行なわれることになり、これにより変調による振幅変動成分には応答せず、かつ高速フェージングなどに起因する振幅変動に対しては十分に応答することができるAGCを実現できる。

【0058】これに対し、例えばマルチパスフェージングの多発により符号間干渉が増大したとする。そうすると、所定期間内に既知信号が複数回不検出となった時点で干渉検出器24から切替信号が出力される。このため、選択回路25では、それまで選択されていた推定平均電力値に代わって電力検出器16から出力された瞬時電力値 $r_i$ が選択される。そして、この瞬時電力値 $r_i$ と基準値 $r_0$ との誤差信号が、ループフィルタ23を介して可変利得増幅器11', 12'にフィードバックされ、利得制御が行なわれる。したがって、この場合には推定平均電力値がAGCに使用されないため、符号間干渉による平均電力値の推定誤りによってAGCが誤動作しないようにすることができ、これにより安定性の高いAGCを実現できる。

【0059】ただし、この場合には、瞬時電力値 $r_i$ に含まれる変調による振幅変動成分がAGCに悪影響を及ぼす虞れがある。しかし、ループフィルタ23の抑圧帯域幅をできる限り狭くするように設定することで、上記変調による振幅変動成分を抑圧することは可能である。

【0060】なお、マルチパスフェージングによる符号間干渉の検出には、符号誤りの検出とともに、受信信号レベル(RSSI)を同時に観察すると都合がよい。この場合の干渉検出器24の動作は次のようになる。RSSIが良好な品質で通信を行なうに必要な値であるのに符号誤りが増加するとき、干渉が検出されたと判断して、切替信号を選択回路25へ出力する。RSSI情報は通常、無線機内で検出されることになっているため、これを利用すればよい。

【0061】符号誤りの検出にRSSI情報を組み合わせて用いることにより、受信感度付近での雑音による符号誤りと、符号間干渉や強入力による波形歪みで生じる符号誤りとが区別でき、これにより干渉検出器における誤動作を低減して、本発明による効果が期待できる。

【0062】(第5の実施形態)この発明の第5の実施形態は、シンボル間平均電力値を補正するための補正電力情報を発生する際に、同一の伝送符号パターンに対応づけて複数の補正電力情報を用意し、過去に検出された伝送符号パターンに基づいて上記複数の補正電力情報の中から最も適当な補正電力情報を選択し、この選択した補正電力情報を基にシンボル間平均電力値を補正して推定平均電力情報を得るようにしたものである。

【0063】例えば、複素平面上で現在の位相と1シン

ボル前の位相との差分に情報を載せて伝送を行なうシステムでは、すでに述べたようにシンボル間平均電力値が伝送情報によって変化する。図7を用いてその様子を説明する。なお、同図では黒丸間で位相遷移がなされるものとし、黒丸と原点との距離の二乗を信号の包絡線の平均電力としその大きさを“1”としている。

【0064】例えば、伝送される情報が $+\pi/4$ (AからBへの位相遷移)の場合と、 $+\pi/4$ (AからCへの位相遷移)の場合の各々について、シンボル間平均電力値を求めると次のようになる。すなわち、図7の直線A-BおよびA-Cをそれぞれ等間隔で複数回サンプリングしたのち、各々のサンプル点での原点からの長さの二乗和を求めると、これがシンボル間平均電力となる。このシンボル間平均電力の値は、1シンボル当たり5サンプルとすると、例えば図8に示すようにそれぞれ0.95, 0.37となり、 $d @ Z x e k$ 包絡線の平均電力に対してそれぞれ-0.2dB, -4.3dBの誤差がある。

【0065】この発明では、受信信号の平均電力を推定する場合、すでに述べたように電力検出器16および平均化回路22を用いてシンボル間平均電力を検出し、かつ検波器18で伝送情報を検波再生してこの伝送情報を用いて平均電力の推定を行なう。例えば、いま検出されたシンボル間平均電力値から推定される受信信号の平均電力が70dB $\mu$ V、検波器18で検出された伝送情報が $+\pi/4$ だったとすると、このときの受信平均電力はおよそ74.3dB $\mu$ Vと推定される。しかし、一般に図8に示したシンボル間平均電力値は、同一情報であっても、帯域制限フィルタの特性と過去に伝送された情報によってある程度ばらつきを持っている。

【0066】そこで、検出したシンボル間平均電力値を補正する場合には、同一伝送情報内で想定される複数の補正值の平均をとり、この平均値をその伝送情報における補正值として用いるとよい。また、同一伝送情報に対応する補正值を複数用意し、これらの補正值の中から過去に検出された数シンボル分の情報系列をもとに、最も適当な補正值を選択して現伝送情報における電力補正值とし、平均電力の推定を行なうようにするとよい。

【0067】図9は、この発明の第5の実施形態に係わるAGC機能付き無線通信装置の要部構成を示す回路ブロック図である。なお、同図において前記図3と同一部分には同一符号を付して詳しい説明は省略する。

【0068】この実施形態は、補正電力値を発生するための回路として、検波器18、記憶回路26およびシフトレジスタ27を有している。このうちシフトレジスタ27は、3個のレジスタを直列接続したもので、シンボルレートのクロックに同期して、検波器18から出力された伝送情報を取り込んだのち順次次なるレジスタに移す。記憶回路26には、定められた長さにおいてとりうるすべての伝送情報系列に対応した誤差電力情報が予め



記憶してある。記憶回路 26 は、各シンボルごとに、検波器 18 から出力された現シンボルの検波情報と、シフトレジスタ 27 の各レジスタから出力された過去の複数のシンボルにおける検波情報とを基に、最適な補正電力情報を選択して読み出す。

【0069】このような構成であるから、シンボル間平均電力値  $r_s$  を補正するための補正電力情報  $e$  は、現シンボルにおける検波情報だけでなく、過去の 3 シンボルにおける検波情報をも考慮されて選択される。ここで、平均電力値に対する振幅変動成分は、厳密には現シンボルの伝送情報が同一の場合であっても、過去の数シンボルに伝送された情報が異なれば異なる値をとりうる。したがって、上記したように現シンボルの伝送情報に加え過去 3 シンボルの伝送情報も考慮して補正電力値を選択すれば、常に推定誤差の少ない高精度の平均電力推定を行なうことができ、これによりさらに正確な AGC を行なうことが可能となる。なお、本実施形態では説明の簡単のためレジスタ数 = 3 として説明したが、レジスタ数は 1 個以上の任意の数でよい。

【0070】なお、この発明は上記各実施形態に限定されるものではない。例えば、上記各実施形態では補正電力情報を発生するために専用の検波器 18 を設けたが、伝送符号を復号再生するために装置にすでに設けられている復調回路を兼用してもよい。このようにすれば、検波器を 1 個不要にすることができ、これにより回路規模の小形化を図ることが可能となる。

【0071】また前記各実施形態では、各シンボルごとに補正電力情報を発生して平均電力の推定を行なうようにしたが、フェージングなどの影響による振幅変動が少ない場合には複数のシンボルごとに補正電力情報を発生して平均電力の推定を行なうようにしてもよい。

【0072】さらに前記各実施形態では、電力検出器 16 において  $BB^2 + BBQ^2$  の演算により瞬時電力値  $r_i$  を算出するようにしたが、 $BB$  かまたは  $BBQ$  のいずれか一方の電圧値を電力値に代用させてもよい。また平均化回路 17、22 では、1 シンボル期間内の複数の瞬時電力値の総和をそのままシンボル間平均電力値としたが、1 シンボル期間内の複数の瞬時電力値の総和を 1 シンボル期間におけるサンプル数で割り算することにより平均値を求め、この平均値をシンボル間平均電力値としてもよい。

【0073】さらに前記各実施形態では、ベースバンド帯に設けた可変利得増幅器 11、12 または 11'、12' の利得のみを制御するようにしたが、それに加え中間周波帯の可変利得増幅器の利得を制御してもよく、またこの中間周波帯の可変利得増幅器の利得のみを制御するようにしてもよい。

【0074】また、前記第 3 および第 4 の各実施形態では、ループフィルタ 23 のフィルタ係数を固定値としたが、受信信号の  $S/N$  が所定値以下の場合には通過帯域

特性が予め設定した狭帯域となるようにし、受信信号の  $S/N$  が所定値よりも良好な場合には通過帯域特性が広帯域になるように、フィルタ係数を切り替えるようにしてもよい。さらに、受信信号の  $S/N$  に応じてフィルタ係数を適応的に可変制御するように構成してもよい。

【0075】さらに前記第 4 の実施形態では、検波器 16 の検波出力を干渉検出器 24 に入力して符号間干渉の発生を検出し、その検出結果により選択回路 25 を制御するようにしたが、他にアイパターンの収束点のばらつきや度合いやユニークワードの誤りの発生状態を監視し、その監視結果により選択回路 25 を制御するようにしてもよい。

【0076】さらに、第 1 乃至第 5 の各実施形態を適宜組み合わせ任意の装置を構成することはこの発明の範囲内であり、その他 1 シンボル期間におけるサンプリング数や、瞬時電力検出手段、シンボル間平均電力算出手段、伝送符号検波手段、補正情報発生手段、平均電力推定手段およびレベル可変制御手段の構成およびその制御内容等についても、この発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できる。

【0077】

【発明の効果】以上詳述したようにこの発明では、ベースバンド帯の受信信号をその各シンボルごとに複数回サンプリングしてディジタル受信信号とし、このディジタル受信信号からその各サンプルごとの瞬時電力値を検出してこれらの瞬時電力検出値をシンボル単位で平均してシンボル間平均電力情報を求めるとともに、上記ディジタル受信信号を検波して伝送符号系列を再生し、この再生された伝送符号系列の符号パターンに応じて自動的に定まる所定の補正電力情報を発生する。そして、この補正電力情報を基に上記シンボル間平均電力情報を補正して複数のシンボル期間に亘る平均電力情報を推定し、この推定平均電力情報を基に高周波もしくは中間周波帯の受信信号およびベースバンド帯の受信信号のうちの少なくとも一方の信号レベルを可変制御するようにしている。

【0078】したがってこの発明によれば、変調に起因する振幅変動成分には応答せず、高速フェージングなどに起因する振幅変動には十分高速に追従することができ、これにより良好な受信特性を得ることができる AGC 機能を備えた無線通信装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の第 1 の実施形態に係わる AGC 機能付き無線通信装置の要部構成を示す回路ブロック図。

【図 2】図 1 に示した装置における平均電力検出動作の具体例を説明するための図。

【図 3】この発明の第 2 の実施形態に係わる AGC 機能付き無線通信装置の要部構成を示す回路ブロック図。

【図 4】図 3 に示した平均化回路の構成を示す回路ブロック図。

【図5】この発明の第3の実施形態に係わるAGC機能付き無線通信装置の要部構成を示す回路ブロック図。

【図6】この発明の第4の実施形態に係わるAGC機能付き無線通信装置の要部構成を示す回路ブロック図。

【図7】複素平面上における位相推移の状態と任意の位相点における平均電力を表わした図。

【図8】検出される情報によりシンボル間平均電力値が異なることを説明するための図。

【図9】この発明の第5の実施形態に係わるAGC機能付き無線通信装置の要部構成を示す回路ブロック図。

【図10】従来より使用されているAGC回路の構成の一例を示した図。

【図11】電力検出回路の構成の一例を示した図。

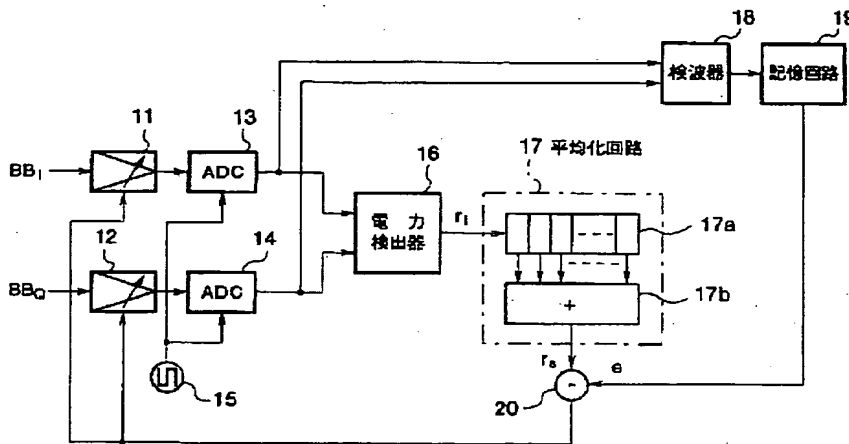
【図12】 $\pi/4$ シフトQPSK信号軌跡のリサーチ

を示す図。

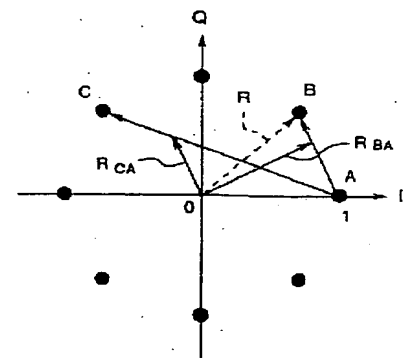
【符号の説明】

- 11, 12, 11', 12' …可変利得増幅器  
13, 14 …アナログ/デジタル変換器 (ADC)  
15 …サンプリングクロック発生用のクロック発生器  
16 …電力検出器  
17, 22 …平均化回路  
18 …検波器  
19, 26 …記憶回路  
20, 21 …差分回路  
23 …ループフィルタ  
24 …干渉検出器  
25 …選択回路  
27 …シフトレジスタ

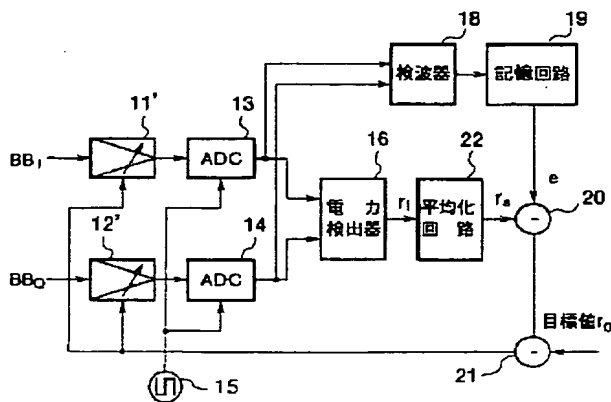
【図1】



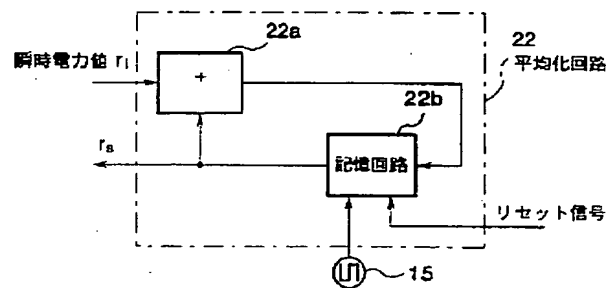
【図7】



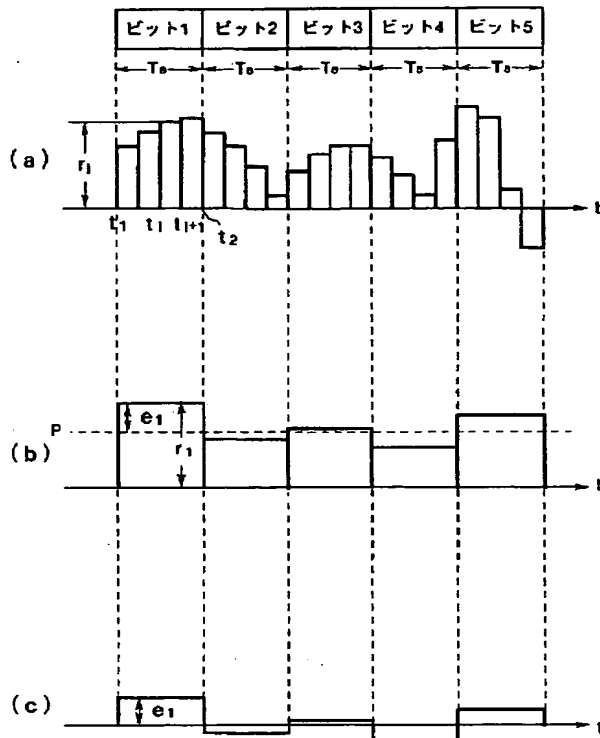
【図3】



【図4】



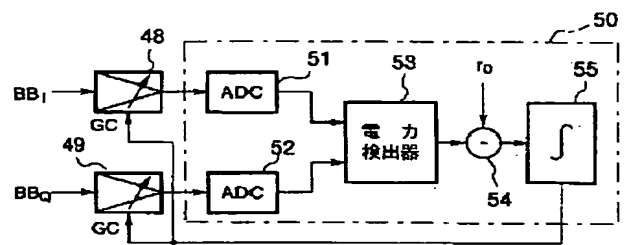
【図2】



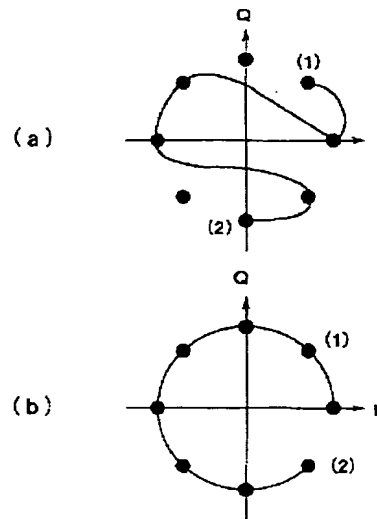
【図8】

検出される 情報	規格化 シンボル関 平均電力
$+\frac{\pi}{4}$	0.96
$+\frac{3}{4}\pi$	0.37

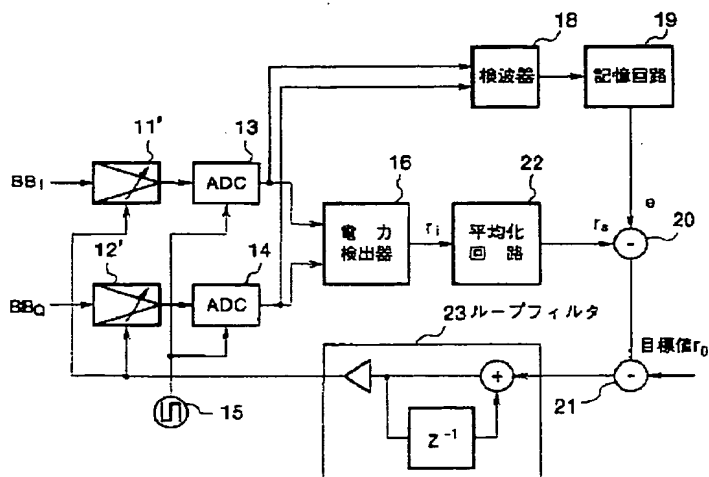
【図11】



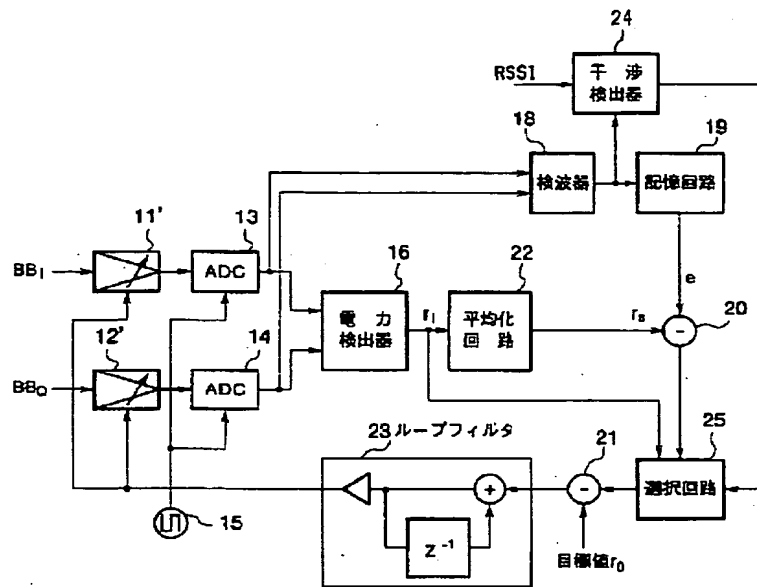
【図12】



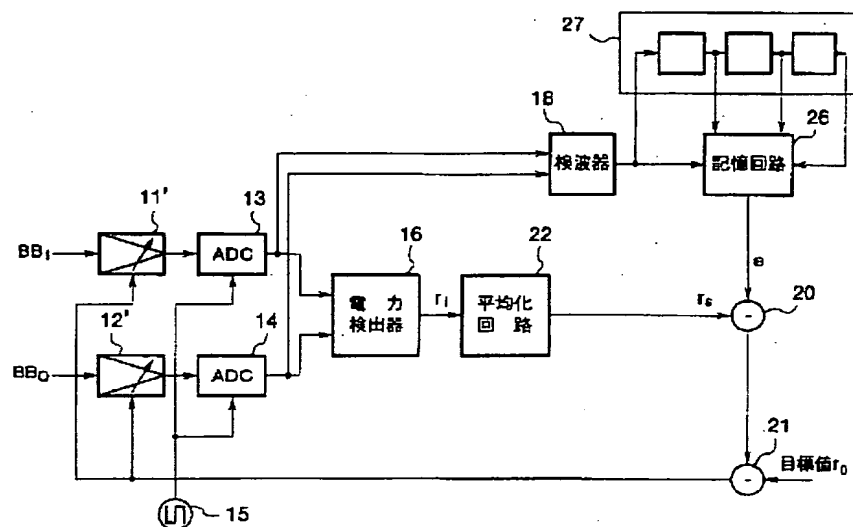
【図5】



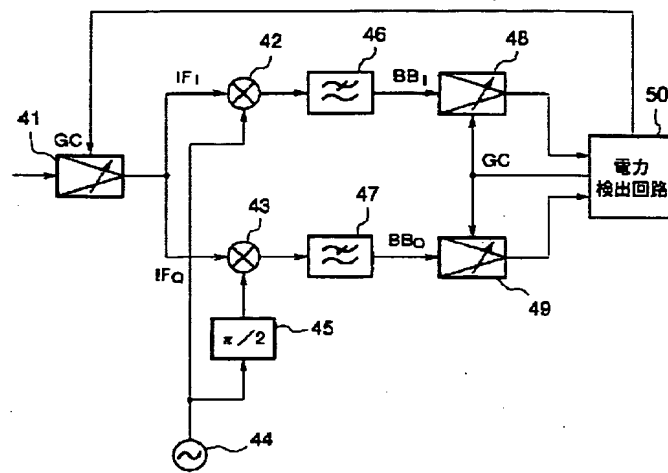
【図6】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H04B 7/005  
7/26

識別記号

庁内整理番号

F I

H04B 7/005  
7/26

技術表示箇所

C